

22 ans après celles de Gezhouba, les écluses qui permettent depuis le mois de juillet 2003 de franchir le barrage des Trois Gorges établissent de nouveaux records du monde. En effet, en un seul ouvrage, elles rachètent une dénivellée maximale de 118m (113m en service normal). L'ancien record était détenu par le plan incliné de Krasnoïarsk, en Russie, avec 105m.

De plus, l'écluse N°1 possède les bajoyers les plus hauts du monde : 56m !

Enfin, le volume de la sassée est le plus important du monde.

DESCRIPTION DES OUVRAGES

Le franchissement est réalisé par une échelle de 5 écluses, semblable dans son principe à celle de Fonserannes sur le canal du Midi. L'ouvrage fonctionne actuellement avec 3 ou 4 sas seulement, le cinquième ne devant être utilisé qu'en dernière phase du remplissage du réservoir. Chaque sas fait 280m de long, 34m de large et garantit 5m de mouillage sur les seuils.



© ctgpc.com.cn

- Deux échelles parallèles

Du fait du très long délai d'attente des bateaux provoqué par la succession de 5 écluses, les ingénieurs chinois ont dû construire deux échelles parallèles, chacune étant spécialisée dans un seul sens. Ceci est d'autant plus nécessaire que lors de la mise en service du cinquième sas, une des deux lignes sera fermée à tour de rôle pour permettre le relèvement des seuils des portes. Le détail du fonctionnement est indiqué plus loin.

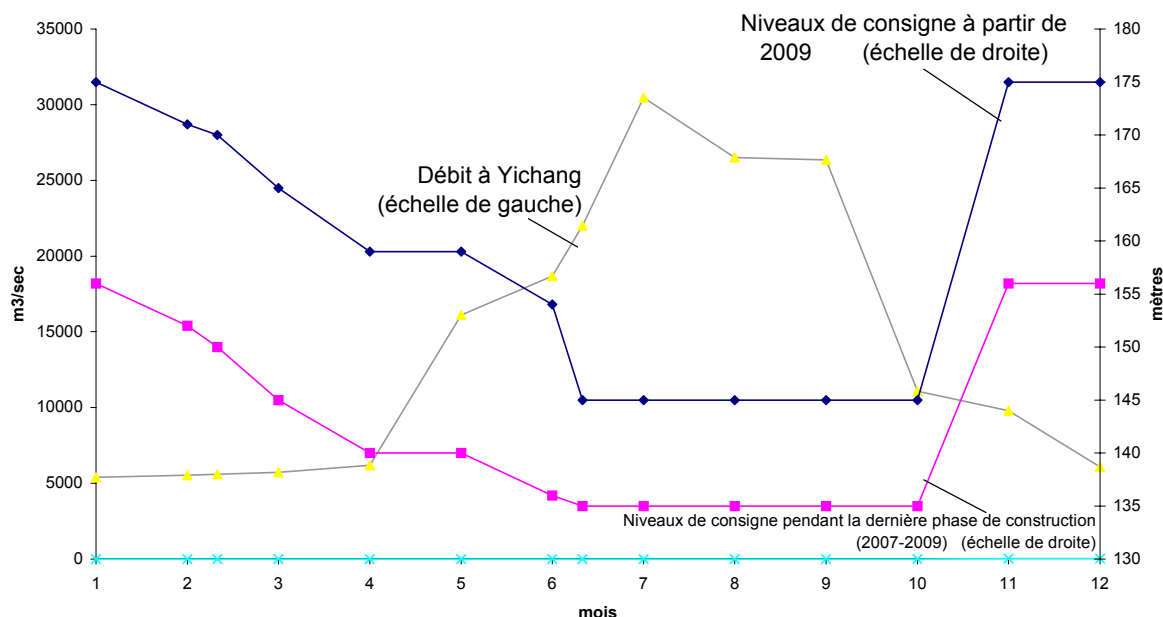
Les cotes précises des sas et des seuils ne sont pas disponibles, mais on peut les déduire des quelques documents disponibles, notamment d'un article du Professeur Hager¹.

- Fortes variations du niveau du réservoir

Le seuil amont est actuellement réglé à 130, et le niveau de consigne du réservoir sera de 135m pendant 4 ans. La consigne sera ensuite modifiée selon les saisons, avec un maximum de 156 pendant l'étiage. Au bout de 2 ans, en 2009, le seuil aura été relevé de 10m, et le niveau du réservoir ira jusqu'à 175 à l'étiage, exceptionnellement 180,4m. Le niveau de consigne d'avant-cruce sera de 145, avec une possibilité d'amortissement de crues catastrophiques de plus de 30m (22 milliards de m³).

¹ « The Three-Gorges project and the double Flight locks with 5 stages », par le Pr. M. Hager, Bulletin de l'AIPCN, Numéro spécial « Écluses », N°112, p.31, 2003.

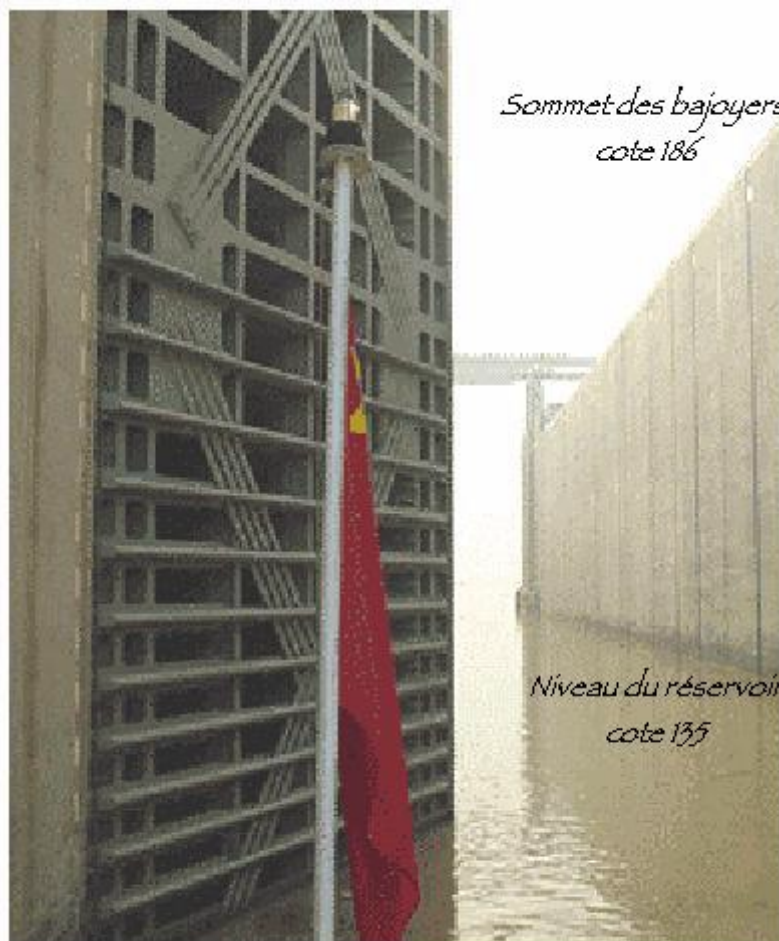
Comparaison des niveaux de retenue du barrage des Trois Gorges et du débit du Yangtsé à l'aval



On voit bien sur les courbes superposées l'évolution des niveaux de retenue à contre-cycle des débits, afin de minimiser les submersions à l'amont, et de constituer une réserve d'amortissement des crues cinquantenaires (jusqu'à 156m) ou millénaire (jusqu'à 180,4m).

- Hauteur record des bajoyers

Le niveau aval variera entre 62 et 73,8m, exceptionnellement 83,1m. Le seuil aval doit être calé à 56,5m, c'est en tous cas le niveau du fond du canal d'accès aval.



Sas de l'écluse 1, Copyright David Stanway, Interfax

La cote des seuils intermédiaires n'est pas confirmée, on peut évaluer la dénivelée moyenne à 20,875m, ce qui donnerait les cotes de 140 ; 119,125 ; 98,25 ; 77,375 ; 56,5.

La chute exacte à chaque écluse variera entre 17 et 23m, selon les niveaux amont et aval.

L'arase du bajoyer de la première écluse est à 186m, pour tenir compte d'éventuelles vagues de type tsunami. Cette première écluse aura donc des bajoyers de 56m de haut, puisque les seuils seront seuls rehaussés, de 10m. Une telle hauteur bat le record de l'écluse d'Ust-Kamenogorsk, aujourd'hui située au Kazakhstan, dont les bajoyers ne font « que » quelques 47m. Même les écluses marines de type Panama, ou portuaires de type François 1^{er} au Havre, sont

très loin de ces valeurs. Mais l'écluse kazakhe garde le record de chute, avec 40,3m de dénivellée.

- Record de volume d'une sassée

Avec une chute maximale de 35,4m (30m en temps normal), elle battra très largement l'ancien record



de volume détenu par les écluses N°1 et 2 de Gezhouba, qui lui sont identiques en plan (280x34m) mais de plus faible chute, seulement 27 à 28m. Le record à battre s'établit désormais à 337.000m³.

La deuxième écluse possède également des bajoyers très élevés, arasés à une cote supérieure à 156, ce qui permet en phase finale de ne pas utiliser la première écluse pendant 4 mois chaque année, et d'entrer directement dans l'écluse N°2.

Dans la situation actuelle, les bateaux entrent directement dans l'écluse N°2 toute l'année, et pourraient entrer directement dans l'écluse N°3, dont les bajoyers sont assez hauts, comme le montre la photo de l'inauguration.

Les portes sont gigantesques, et pèsent 867t. Sur les vidéos de l'inauguration, on voit en position les portes amont, inutilisées, attendant le seuil surélevé de 10m qui doit permettre de les

utiliser en 2009. Chaque battant fait 41m de haut et près de 20m de large. Rappelons que malgré l'effet de perspective, cette écluse fait 34m de large !

Pendant la construction, les Chinois avaient construit une écluse temporaire, qui à elle seule constitue un ouvrage dont les dimensions feraient rêver n'importe quel ingénieur : 240m de long, 24m de large, 4m de mouillage et plus de 20 mètres de chute ! Elle a été utilisée pendant près de 6 ans, dont seulement 6 mois avec plus de 10m de chute, mais est désormais inutilisable à jamais.



- 58 millions de m³ excavés pour ce seul ouvrage

Pour terminer avec les problèmes de génie civil, on peut indiquer que 58 des 105 millions de m³ excavés pour le barrage des 3 Gorges sont dus aux ouvrages de navigation, dont l'alignement traverse une assez forte colline. Signalons à cet égard que l'École des Mines de Paris (Centre de Géologie de l'Ingénieur) est intervenue pour conseiller les Chinois sur la stabilité de ces excavations, au titre de la coopération scientifique. La tranchée maximale atteint 170m, essentiellement dans le rocher, et la fouille verticale d'une écluse atteint 60m. On voit bien sur les photos les talus stabilisateurs qu'il a fallu prévoir.



© Scott Ashkeling, www.ashkeling.com

MODE OPÉRATOIRE

La double chaîne d'écluse est nécessaire dans le principe, car le franchissement des 5 écluses par un convoi dure 2 h 1/2 à l'étiage. Un cycle complet va donc durer 5h, ce qui limite profondément la



capacité de ce type d'ouvrage : Au mieux, une chaîne unique aurait une capacité d'environ 10 à 12 Mt/an, loin des 50 Mt/an du projet.

On voit ici les 5 sas en enfilade de l'échelle Nord-Est ainsi que les deux versants de la tranchée et le remplissage par le radier. Rappelons que chaque sas fait 34m de large...

La spécialisation de chaque chaîne dans un sens différent permet, en créant des fausses bassinées à chaque fois, de faire

passer un convoi par heure et par sens, ce qui multiplie par 10 la capacité instantanée et diminue d'un facteur 5 le temps minimal d'attente des convois. Ceci ne suffisant apparemment pas, il est même prévu un élévateur à bateau pour faire passer les bateaux à passagers, leur faisant gagner quelques 2 heures. L'achèvement de cet élévateur a été repoussé de 6 ans par rapport aux premières prévisions, le trafic escompté ne justifiant pas un tel ouvrage tout de suite.

- « Blue Light Method »

Pour diminuer encore les attentes lors des fermetures d'une des échelles, il est envisagé de faire circuler dans chaque ligne d'écluses les bateaux en sens opposé simultanément.

Ce système, déjà appliqué de façon anecdotique dans certaines échelles d'écluses de grande largeur, a été redécouvert par les ingénieurs chinois en s'inspirant du principe de l'Onde Bleue (Blue Wave en anglais ; Onda Azul en espagnol, cette Revue, 30 juillet 1998) ; ils lui ont d'ailleurs donné le nom de « Blue Light Method » (Méthode du Feu Bleu), plus poétique que DDL (double direction lockage), et qui, de l'aveu même d'un de ses auteurs, évoque cette filiation. Ce mode de fonctionnement a été décrit dans le Bulletin de l'AIPCN, N°105, oct. 2000, p.56 sq., par deux articles qui se complètent, l'un du Professeur Hager, l'autre du Professeur Min Chaobin. Un article ultérieur² du même professeur chinois précise leurs idées.

² « Double-Direction vessels/fleets in the Three-Gorges lock », par le Pr. Min Chaobin, Bulletin de l'AIPCN, Numéro spécial « Écluses », N°112, p.36, 2003.

En clair, ils envisagent de faire se croiser des bateaux, à très faible vitesse, dans les têtes des écluses, ce qui permettrait de diminuer sensiblement le temps d'attente si une seule des chaînes d'écluses est opérationnelle, soit intentionnellement, soit par suite d'une panne.

Ils peuvent se permettre ce type de cycle d'éclusage grâce à l'extrême largeur de leurs écluses, 34m, les plus larges écluses de navigation intérieure du monde à notre connaissance³. Le croisement est donc possible pour tous les bateaux de moins de 17m⁴, ce qui représente l'intégralité de la flotte et plus de 80% du trafic, si l'on tient compte des convois poussés ou remorqués.

Le « Feu bleu », qui s'oppose au système d'alternat (Feu Rouge/Vert, tout-ou-rien), donne une capacité intermédiaire entre les deux autres options. D'après l'article du Professeur Min Chaobin, il permet la même réduction du temps d'attente que la double échelle. Sa seule limitation consiste en l'impossibilité de faire passer avec cette méthode des convois poussés en sens opposé. Lorsqu'il se présente des convois, il faut en revenir au système de Feu Rouge/Sens Unique. On peut escompter une capacité intermédiaire, sans doute de l'ordre de 25 Mt/an par chaîne, ce qui sera largement suffisant pour les périodes pendant lesquelles une seule chaîne est disponible. Il semble d'ailleurs au vu des photos que la deuxième échelle ne soit pas encore en service, sans qu'on en sache la raison.

On peut noter enfin que le système fonctionne aussi très bien avec une succession de 2 écluses, comme certaines écluses du Danube. Il est basé en effet sur le fait que les niveaux de deux écluses en succession s'égalisent, et que donc les bateaux en sens opposé peuvent se croiser dans la tête, si celle-ci est assez large pour eux. Avec des nombres impairs de sas, le système fonctionne encore, mais il requiert parfois des fausses bassinées, donc des attentes pour l'un ou l'autre des convois. Comme ici l'eau ne manque pas, il n'y aura guère de problèmes à l'appliquer, mais ceci explique peut-être pourquoi l'échelle des 3 Gorges est exploitée aujourd'hui avec 4 sas, alors que 3 suffiraient : La capacité et la vitesse de franchissement avec 3 sas serait inférieure à celle avec 4 sas.

- Eclusages « à la volée »

Le Professeur Hager pousse même plus loin le rapprochement avec l'Onde Bleue, puisqu'il suppose, au début du document cité, que le passage d'une écluse dans la suivante d'une échelle peut se faire pendant que le remplissage ou la vidange partielle dans la prochaine écluse est en cours. Si on fait abstraction de la vitesse et de la longueur des biefs, on retrouve le principe de l'Onde Bleue, c'est à dire la navigation sur un bief dont le niveau est en train de varier. Ceci n'est cependant pas commode en cas de « Feu Bleu », où la fixité du bief de rencontre est un avantage.

Une telle variation du niveau est possible notamment du fait de la revanche en haut des bajoyers, marge de sécurité qu'on peut mettre à profit lorsqu'il n'y a ni crues ni vagues, et du pied de pilote sous la quille, qui peut être utilisé en fonction de l'enfoncement réel du convoi. La combinaison de ces deux marges de manoeuvre permet de déclencher l'ouverture des portes plus tôt, et de prévoir leur fermeture plus tard que dans le cas général, calculé en additionnant des marges de sécurité rarement concomitantes. Les bateaux sont immobiles dans le sas moins longtemps, puisque la variation du plan d'eau a débuté avant leur arrêt complet, et que l'ouverture des portes se fait plus tôt⁵. Multiplié par 5 cela permet de gagner plusieurs minutes dans un cycle.

Certains mariniers, notamment des fluvio-maritimes, pourraient ne pas se sentir très en sécurité, ou un peu bousculés, pressés par le temps, dans des éclusages où l'arrêt est réduit à sa plus simple expression, mais avec les engins de communication et de positionnement modernes ceci devrait être très supportable. Le téléphone et la VHF remplacent déjà la poignée de mains entre mariniers, ou avec l'éclusier, et tous s'y sont bien faits.

Nul doute que les idées du Professeur Hager, qui a influencé des générations d'ingénieurs outre-Rhin, devraient sans tarder y être mises en application.

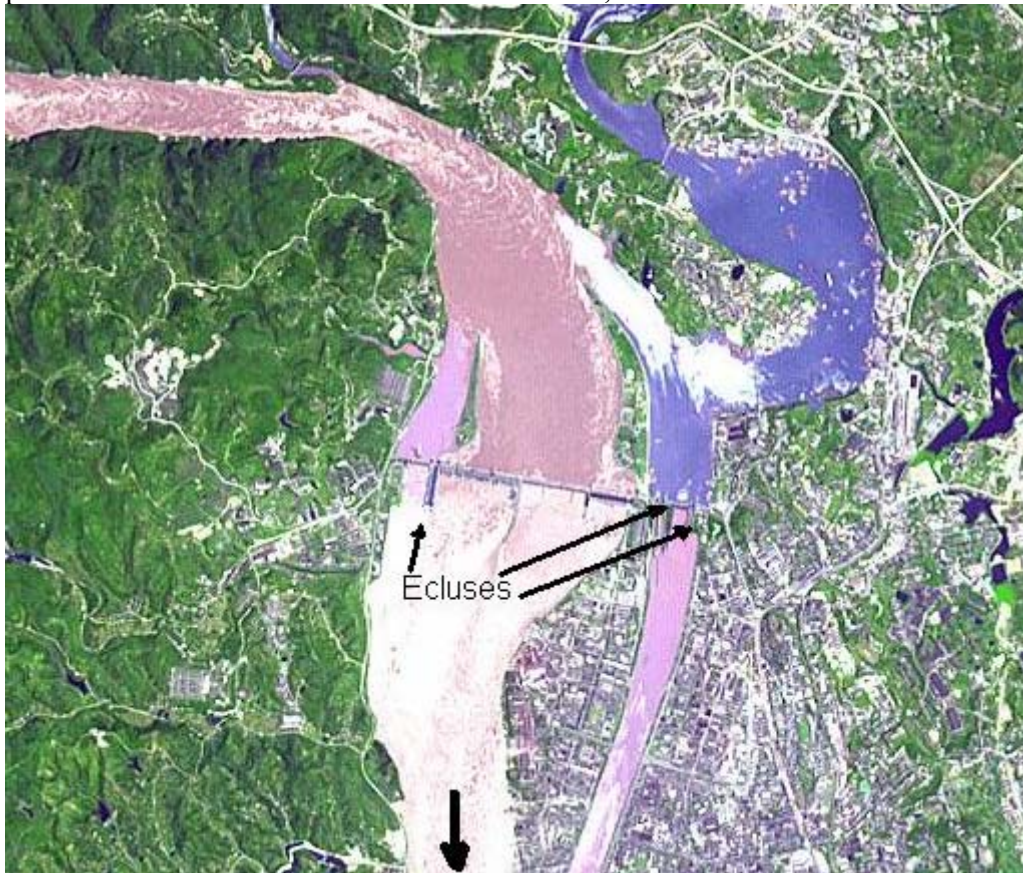
³ À égalité avec celles du Danube. Celles des États Unis ne font « que » 33,3m.

⁴ Dans l'échelle de Fonserannes, tous les bateaux de moins de 3m de large pourraient utiliser un tel système... Ils ne semblent pas assez nombreux pour que le système de Feu Bleu puisse être généralisé, mais des essais seraient cependant possibles.

⁵ Puisque le niveau aval est plus élevé que dans le cas général.

CONCLUSION

Sur le plan des ouvrages d'art fluviaux, le Barrage de Gezhouba avait déjà montré les vastes capacités de l'ingénierie chinoise. Cette photo satellite montre le flot impétueux du Yangtsé, et les deux chenaux plus calmes où sont situés les écluses de Gezhouba, anciennes record du monde.



©visibleearth.nasa.gov

L'autre photo satellite montre les emplacements respectifs de Gezhouba et du Barrage des Trois Gorges, environ 20km à l'amont.



©visibleearth.nasa.gov

Ce dernier sera un barrage record à beaucoup de points de vue. En tous cas, les écluses des Trois Gorges ont été un laboratoire d'idées nouvelles, où la synergie entre des ingénieurs européens et chinois a pu se manifester.

Les multiples records de Génie Civil que les Chinois ont su accrocher à leur palmarès montrent que l'ingénierie fluviale a encore de beaux jours devant elle dans l'Empire du Milieu, et que le trafic mondial, Chine inclus, continuera de croître pendant encore quelques dizaines d'années, ce pays ayant pris la seconde place parmi les nations fluviales du monde, en lieu et place de l'URSS.